

***SURFACE-ACTIVE ADMIXTURES
FOR CONCRETE
FOR LARGE DAMS***

**ADJUVANTS TENSIO-ACTIFS
POUR BÉTONS
DES GRANDS BARRAGES**



***SURFACE-ACTIVE ADMIXTURES
FOR CONCRETE
FOR LARGE DAMS***

**ADJUVANTS TENSIO-ACTIFS
POUR BÉTONS
DES GRANDS BARRAGES**



AVERTISSEMENT – EXONERATION DE RESPONSABILITE:

Les informations, analyses et conclusions auxquelles cet ouvrage renvoie sont sous la seule responsabilité de leur(s) auteur(s) respectif(s) cité(s).

Les informations, analyses et conclusions contenues dans cet ouvrage n'ont pas force de Loi et ne doivent pas être considérées comme un substitut aux réglementations officielles imposées par la Loi. Elles sont uniquement destinées à un public de Professionnels Avertis, seuls aptes à en apprécier et à en déterminer la valeur et la portée et à en appliquer avec précision les recommandations à chaque cas particulier.

Malgré tout le soin apporté à la rédaction de cet ouvrage, compte tenu de l'évolution des techniques et de la science, nous ne pouvons en garantir l'exhaustivité.

Nous déclinons expressément toute responsabilité quant à l'interprétation et l'application éventuelles (y compris les dommages éventuels en résultant ou liés) du contenu de cet ouvrage.

En poursuivant la lecture de cet ouvrage, vous acceptez de façon expresse cette condition.

NOTICE – DISCLAIMER :

The information, analyses and conclusions referred to herein are the sole responsibility of the author(s) thereof.

The information, analyses and conclusions in this document have no legal force and must not be considered as substituting for legally-enforceable official regulations. They are intended for the use of experienced professionals who are alone equipped to judge their pertinence and applicability and to apply accurately the recommendations to any particular case.

This document has been drafted with the greatest care but, in view of the pace of change in science and technology, we cannot guarantee that it covers all aspects of the topics discussed.

We decline all responsibility whatsoever for how the information herein is interpreted and used and will accept no liability for any loss or damage arising therefrom.

Do not read on unless you accept this disclaimer without reservation.

**GUIDE ET RECOMMANDATIONS POUR LES ESSAIS
SUR LES ADJUVANTS TENSIO-ACTIFS
POUR LES BÉTONS DES GRANDS BARRAGES**

PREFACE

Sur avis du Comité du béton la décision a été prise par la 29^e Réunion Exécutive de la Commission Internationale des Grands Barrages à Moscou en juin 1962, de préparer un texte de Recommandations sur les adjuvants pour les bétons des grands barrages et de discuter ce texte à la réunion du Comité du béton, au Caire en 1963. Il a été décidé en même temps de désigner un groupe de travail pour préparer et mettre au point un texte qui serait soumis au Comité du béton.

Le groupe de travail a été constitué comme suit :

M. ARREDI, Président	(ITALIE)
M. FRITSCH	(AUTRICHE)
M. DE LA JARRIGE	(FRANCE)
M. WALZ	(REPUBLIQUE FEDERALE ALLEMANDE)
M. KOKUBU	(JAPON)
M. WAUGH	(ETATS-UNIS)
M. STOLNIKOV	(U.R.S.S.)

Le premier texte et les propositions faites par le groupe de travail ont été discutés à la réunion du Comité du béton, au Caire le 4 février 1963.

A la réunion du Comité à Edimbourg le 1^{er} mai 1964, le second texte des Recommandations a été examiné et il a été demandé aux membres du Comité d'examiner ce projet et d'envoyer leurs observations et critiques au Président du groupe de travail dans un délai suffisant avant la prochaine réunion du Comité.

En 1965, à Lausanne, le texte n'a pu être discuté.

Le projet, sensiblement modifié pour tenir compte des recommandations et suggestions faites par les membres du Comité, a été soumis au groupe de travail et approuvé par lui à la réunion du Comité du 5 juin 1966 à Rio de Janeiro.

A la réunion du Comité à Rio de Janeiro, chaque chapitre du projet a été examiné, discuté et le texte a été approuvé par le Comité du béton avec les modifications adoptées en cours de discussion.

Le Comité du béton a pris la décision de préparer le texte définitif des Recommandations et de le soumettre à la Commission Internationale des Grands Barrages, en vue de son examen et de son approbation.

A la 34^e Réunion Exécutive de la Commission Internationale des Grands Barrages le 6 juin 1966, à Rio de Janeiro, la décision a été prise de soumettre le texte définitif des Recommandations au Bureau Central de la Commission Internationale des Grands Barrages. Le « Guide » a été distribué par le Bureau Central à tous les Comités Nationaux et a été discuté et approuvé au cours de la 35^e réunion exécutive de la Commission Internationale des Grands Barrages à Istanbul, le 1^{er} septembre 1967, en tant que texte provisoire sous le titre :

« Guide et Recommandations pour les essais sur les adjuvants tensio-actifs pour les bétons des Grands Barrages ».

Les Recommandations sont basées sur les données contenues dans les spécifications existantes dans différents pays et donnent des conseils d'ordre général qui peuvent être pris en considération par chaque pays lors de la préparation de ses propres spécifications nationales concernant l'utilisation des adjuvants pour les bétons des grands barrages.

Les Recommandations indiquent les éléments dont il y a lieu de tenir compte pour le choix et les essais des adjuvants destinés à être utilisés dans le béton des barrages, à la lumière de la pratique courante admise dans tous les pays.

Au nom du Comité Technique International
du Béton pour Grands Barrages.

V. V. STOLNIKOV,
Président.

INTRODUCTION

1. Ces Recommandations concernent les adjuvants dits « tensio-actifs » ajoutés aux composants normaux du béton (granulats, ciment et eau), immédiatement avant ou pendant leur mélange, et qui, en fonction de leurs actions de plastifiant et d'entraîneur d'air, visent à réduire la quantité d'eau de gachage ou à améliorer la qualité du béton y compris sa résistance au gel.

Ces Recommandations concernent particulièrement l'utilisation des adjuvants pour le béton des barrages et des grands ouvrages hydrauliques.

2. L'utilisation des adjuvants nécessite en fait, non seulement la connaissance de l'action essentielle du produit mais aussi celle de son action sur toutes les autres caractéristiques du béton, et plus particulièrement des effets secondaires éventuels qui peuvent créer des dommages au béton.

3. Les adjuvants qui procurent une réduction de la quantité d'eau, permettent, pour une teneur en ciment donnée, et sans amoindrissement de la maniabilité, une réduction du rapport E/C; un rapport E/C plus faible conduit à une pérennité et à une résistance du béton plus grande pour une même quantité d'air entraîné.

Mais la réduction de la quantité de ciment avec un rapport E/C donné est la raison essentielle conduisant à utiliser de tels adjuvants dans les bétons de masse; la réduction de la quantité de ciment conduit à un prix de revient plus bas, à une chaleur d'hydratation plus faible, et par conséquent à un échauffement moindre, à des contraintes plus faibles durant le refroidissement et à moins de fissures thermiques.

La réduction de la quantité d'eau obtenue pour une maniabilité donnée varie avec chaque type de granulats, suivant le type et le dosage d'adjuvant et aussi avec les différents ciments.

En plus de leurs actions essentielles, les composants de base de quelques produits réducteurs d'eau ont un effet de retard sur la prise du béton.

L'effet retardateur peut jouer un rôle important pendant les mois d'été chauds (lorsque les températures ambiantes plus élevées augmentent la vitesse de durcissement initial) pour éviter les mauvaises liaisons entre les levées successives de béton.

D'autre part, une durée de prise plus importante peut augmenter le délai nécessaire avant le décoffrage, pendant les mois froids où les températures basses ont un effet retardateur sur la prise.

4. Les adjuvants qui jouent le rôle d'entraîneurs d'air produisent l'entraînement de l'air dans la limite d'un certain pourcentage sous forme de bulles très fines distribuées dans le mélange. L'air occlus procure au béton une meilleure résistance au gel, améliore quelques autres propriétés (par exemple réduit le ressuage, la ségrégation, etc.) et donne une meilleure maniabilité. Les petites bulles d'air entraînées jouent dans le mélange le rôle de très petites sphères sans friction et par conséquent plastifient le mélange.

La quantité d'air entraînée nécessaire pour obtenir la maniabilité, la résistance et la pérennité désirées varie suivant des éléments qui peuvent différer sur chaque chantier.

5. Quand on utilise un adjuvant qui se comporte à la fois comme réducteur d'eau et entraîneur d'air, la quantité d'air entraînée nécessaire peut ne pas être obtenue avec la quantité normale d'adjuvant. Dans de tels cas l'addition d'un entraîneur d'air peut procurer la quantité d'air occlus nécessaire; l'utilisation d'un entraîneur d'air dans cette éventualité doit être faite en suivant les conseils du fabricant.

6. Ces Recommandations donnent seulement des indications générales sur les essais nécessaires et habituels, relatifs aux points suivant :

I) Les investigations générales sur les caractéristiques et les actions des adjuvants.

II) Le choix du type et de la quantité de l'adjuvant en fonction des granulats et du ciment utilisés sur le chantier pour procurer la qualité et l'économie recherchée pour le béton.

III) L'assurance que l'adjuvant fourni au chantier conserve durant celui-ci les compositions, qualité et action qui ont été définies par l'agrément donné aux fabricants.

Pour l'objectif (I) les essais peuvent être réalisés sur le béton, la granulométrie, le dosage en ciment, sa nature et sa finesse, étant exactement ceux concernant le cas pratique examiné; les essais peuvent être également effectués sur mortier normal. Il est également important de faire des essais sur la pâte de ciment pour juger des actions secondaires de quelques produits, tels par exemple que le début et le temps de prise, la stabilité de volume, etc.

Pour l'objectif (II) les essais essentiels sont ceux sur le béton réalisés avec les matériaux (granulats et ciments) qui doivent être utilisés sur le chantier, plutôt que ceux sur la pâte de ciment et le mortier. Il serait aussi intéressant de mélanger le béton des échantillons avec le même type de bétonnières et avec la même durée de gachage que ceux qui seront adoptés sur le chantier.

Les essais de contrôle concernant l'objectif (III) doivent être répétés fréquemment durant l'exécution de chaque ouvrage et réalisés dans le délai le plus court dans le but d'éviter l'utilisation d'un

adjuvant qui ne satisfait pas aux caractéristiques de l'agrément donné au fabricant.

Les Autorités locales de chaque pays doivent stipuler les contrôles généraux de qualité requis et les essais de réception des adjuvants, en tenant compte des nécessités particulières des grands ouvrages hydrauliques. Des essais spéciaux qui ne sont pas normalement prévus dans les essais officiels sont toujours nécessaires.

7. En ce qui concerne le choix des adjuvants, ces Recommandations se proposent seulement de constituer un guide et par conséquent donnent simplement des éléments de base sur les méthodes et le matériel d'essais. Les Recommandations indiquent les différentes méthodes utilisées dans des pays variés pour les essais du béton, du mortier, de la pâte de ciment et des adjuvants. La validité des méthodes utilisées et leurs conformités avec les conditions particulières doivent par conséquent être estimées par le pays utilisant une méthode donnée.

Pour juger de l'effet d'un adjuvant sur la résistance au gel d'un béton, on a quelquefois tendance à remplacer les essais de gel et dégel longs et coûteux, par la détermination de caractéristiques telles que l'absorption capillaire, l'espacement des vides d'air, etc. Mais jusqu'à ce jour (1966) il ne semble pas que les recherches en la matière soient suffisamment avancées pour que les résultats soient aussi valables que ceux obtenus par les essais classiques de gel et dégel.

Les effets complexes des adjuvants sur le béton peuvent seulement être appréciés convenablement si les propriétés du béton avec l'adjuvant sont comparées avec celles d'un béton semblable sans ce produit. La comparaison avec les effets d'un adjuvant de qualité bien connu peut aussi être utile.

1. — OBJECTIF, DEFINITIONS ET REMARQUES GENERALES.

1.1. Les adjuvants tensio-actifs utilisés dans le béton pour grands barrages peuvent être divisés en trois groupes principaux, à savoir :

- plastifiants (*p*) ;
- entraîneurs d'air (*e, a.*) ;
- entraîneurs d'air plastifiants (*e.a.p.*),

suivant leur principale action sur le béton.

1.2. Un plastifiant (*p*) est un produit qui, sans entraînement d'air, a une action plastifiante et par conséquent procure une réduction de la quantité d'eau dans le béton pour une maniabilité donnée avec les effets bénéfiques qui en résultent.

Un entraîneur d'air (*e.a.*) est un produit qui introduit dans le béton de minuscules bulles d'air pour augmenter la résistance au gel et améliorer quelques autres propriétés du béton; avec cette catégorie d'adjuvant aucune action plastifiante n'est attribuée à l'entraînement d'air.

Un entraîneur d'air plastifiant (*e.a.p.*) est un produit qui possède à la fois l'action de plastifiant et celle d'entraîneur d'air.

Tous les produits mentionnés ci-dessus peuvent être considérés comme des réducteurs d'eau lorsqu'on utilise leurs qualités de plastifiant.

1.3. La quantité optimum de chaque produit à utiliser pour obtenir les qualités requises du béton peut ne pas être la même pour tous les types de béton (c'est-à-dire quand la nature du ciment et des granulats, la granulométrie, le E/C, ou d'autres conditions varient) il est par conséquent nécessaire de déterminer la quantité appropriée de produit pour chaque mélange de béton utilisant les mêmes composants que ceux qui doivent être utilisés sur le chantier considéré.

1.4. Le fabricant d'adjuvant procurant des échantillons pour essais doit spécifier si la demande en est faite :

— La catégorie du produit dans la classification indiquée au paragraphe 1.2; l'action principale et les autres actions simultanées, secondaires ou de quelque importance.

— Le groupe chimique auquel appartiennent les composants de base actifs de l'adjuvant; les principaux constituants et les constituants secondaires ayant pour but de modifier l'action principale ou de produire d'autres effets simultanés.

— Le contenu en éléments inertes.

— Le contenu de chlorure soluble dans l'eau; les composants du sucre et les silicates.

— La proportion de produits solides et la nature du solvant si le produit est fourni sous forme de solution.

— La proportion ou les limites des proportions dans lesquelles le mélange est normalement utilisé; l'influence du surdosage.

— Le processus à suivre pour ajouter le produit dans la bétonnière.

— Les conditions et la durée maximum de stockage avant utilisation.

Il est souhaitable que le fournisseur indique en même temps que la nature de base des produits, les essais de contrôle à effectuer sur la qualité et la quantité des composants du produit.

La quantité d'adjuvant sera exprimée dans les paragraphes suivants en fonction du poids de ciment utilisé dans le béton, et indiqué en grammes par kilogramme de ciment pour les produits solides et en millilitre par kilogramme de ciment pour les produits liquides.

1.5. Les essais proposés dans ces Recommandations sont basés sur des stipulations qui permettent de faire des essais normaux en laboratoire et par conséquent ils ne sont pas capables de représenter complètement les conditions particulières de l'ouvrage notamment en ce qui concerne les essais au gel et dégel. D'autres essais différents peuvent être utilisés dans chaque cas particulier en tenant compte de toutes les conditions locales et de la pratique établie dans chaque pays.

2. — DETERMINATION DES CARACTERISTIQUES PHYSIQUES ET CHIMIQUES DE L'ADJUVANT.

2.1. Les essais indiqués dans ce chapitre doivent être effectués directement sur l'adjuvant, ils concernent principalement quelques caractéristiques fondamentales dépendant de sa composition et des contrôles tels que ceux indiqués au paragraphe 5, c'est-à-dire destinés à vérifier que les livraisons successives sont conformes à l'échantillon de produit initial.

Les indications suivantes ne constituent pas les éléments de base du choix d'un produit à utiliser sur un chantier déterminé.

2.2. Toutes les caractéristiques telles que les suivantes qui sont nécessaires pour identifier le produit doivent être déterminées :

sur une solution à 1 % dans l'eau distillée de l'adjuvant à examiner et sur une solution à 1 % du produit dans de l'eau saturée de $\text{Ca}(\text{OH})_2$:

- Concentration en ions hydrogène (pH) ;
- Tension superficielle ;

et si le produit est fourni sous forme de solution :

- Nature du solvant ;
- Densité spécifique ;
- Substance sèche (résidu d'évaporation) ;
- Concentration en ions hydrogène (pH)

et sur le produit solide fourni (ou sur le résidu solide après évaporation si le produit est fourni sous forme de solution) :

- Solubilité dans l'eau distillée ;
- Solubilité dans l'eau du réseau de distribution locale ;
- Solubilité dans l'alcool, le benzène et le chloroforme ;
- Contenu en chlorure, calculé en chlorure de calcium ;
- Stabilité de la mousse si formation de mousse il y a ;
- Perte au feu (à 600 °C).

2.3. Dans les déterminations décrites ci-dessus il est recommandé d'utiliser :

- Pour le (pH), un pH mètre électrique ;

— Pour la teneur en produits solides, le séchage du résidu d'évaporation à 105 °C, ou à 60 °C dans un bain d'eau à la pression de 20 mm de Hg, jusqu'à ce que le poids ne varie plus, si le produit contient des éléments organiques ou d'autres substances qui sont susceptibles d'être détruites avant d'atteindre 105 °C.

— Pour les essais de solubilité, une solution contenant 1 % en poids du produit dans le solvant. Dans la solution d'eau on doit noter s'il y a floculation ou si la solution est stable. Dans la solution saturée de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ on doit noter qu'il n'y a aucun précipité.

— Pour les essais de stabilité de la mousse, on doit utiliser 20 millilitres d'une solution à 1 % dans l'eau distillée. Cette solution placée dans un tube à essai de 50 ml doit être secouée convenablement d'une façon bien définie à 20 °C. La hauteur de mousse doit être observée à la fin de l'agitation ainsi qu'après 1, 2, 5, 15 minutes de repos à la même température (20 °C). Les hauteurs successives observées doivent être exprimées en valeurs relatives par rapport à la hauteur initiale.

3. — ESSAIS SUR PATE ET MORTIER.

3.1. L'effet d'un adjuvant sur la pâte de ciment et le mortier peut être différent de celui sur le béton et en choisissant un adjuvant à utiliser dans le béton les essais essentiels sont ceux sur le béton tels que décrits dans le chapitre 4.

Les essais sur la pâte de ciment et le mortier peuvent donner quelques indications générales sur certains effets des adjuvants à examiner. On peut s'en dispenser lorsque les caractéristiques générales d'un adjuvant sont déjà bien connues. Cependant ils sont susceptibles de donner des indications pour contrôler que des livraisons successives sont conformes à l'échantillon initial du produit.

3.2. Tous les essais indiqués dans ce chapitre doivent être effectués :

— avec le même ciment et le même sable que celui qui sera utilisé pour chaque ouvrage particulier;

— ou avec un ciment de composition minéralogique semblable et de même finesse et avec un sable de granulométrie type, de même composition pétrographique et où les particules aient les mêmes formes que le sable qui sera utilisé pour l'ouvrage en question. Une modification du ciment ou des granulats peut affecter les résultats numériques.

3.3. Les essais indiqués dans ce chapitre doivent être effectués avec ou sans adjuvant. Les essais sur les adjuvants peuvent être effectués parallèlement avec des essais identiques sur des adjuvants similaires parfaitement connus et de bonne qualité.

3.4. La pâte pour les essais doit être préparée avec la même proportion d'adjuvant par rapport au ciment, que celle qui doit être utilisée dans le béton.

3.5. Les essais sur la pâte sont :

- comportement de la vitesse de prise (début et fin) ;
- gonflement ;
- résistance à la traction.

Ces essais doivent être répétés 3 fois sur la pâte avec l'adjuvant et 3 fois sur la pâte sans adjuvant. Un processus unique doit être adopté à la fois dans la méthode et le délai d'addition du produit, ainsi que dans la méthode et la durée du gachage.

Le comportement de la vitesse de prise doit être déterminé sur la pâte au moyen de l'essai de pénétration. En particulier, il faut se rappeler qu'il peut y avoir éventuellement un phénomène de fausse prise. Les essais de gonflement et de résistance à la traction doivent être effectués suivant la pratique courante de chaque pays.

3.6. Des essais comparatifs sur la chaleur d'hydratation du ciment avec et sans adjuvant seront exécutés à titre complémentaire.

3.7. Les essais sur le mortier sont :

- qualité de plastification ;
- qualité d'entraînement d'air ;
- résistance à la compression et à la flexion ;
- retrait au séchage lorsque cette caractéristique est considérée comme importante.

Un processus uniforme doit être adopté à la fois dans la méthode et le délai d'addition du produit et dans la méthode et la durée d'exécution du mélange. Un mortier de référence peut être utilisé, ce mortier ayant la même granulométrie et la même composition que celles qui sont adoptées dans les normes de chaque pays (sans adjuvant).

3.8. La qualité de plastifiant d'un adjuvant sur le mortier peut être exprimée en pourcentage de réduction d'eau pour la plasticité normale, pour chaque quantité unitaire de produit qui est ajoutée.

La plasticité peut être mesurée au moyen des appareils et avec le procédé adopté dans chaque pays.

La qualité d'entraînement d'air d'un adjuvant sur le mortier est exprimée en pourcentage d'air entraîné par comparaison avec le mortier de référence exprimée en unité de quantité de produit ajouté.

La quantité d'air entraînée peut être mesurée au moyen des appareils et avec les procédés adoptés dans chaque pays. Il y a lieu de déterminer non seulement le volume des pores mais aussi leur distribution.

3.9. Les essais sur la résistance à la compression et à la flexion et le retrait doivent être effectués sur mortier normal à la fois avec et sans adjuvant. Le mortier avec adjuvant doit être préparé avec la même quantité de produit (en fonction de la quantité de ciment) que celle qui a été fixée pour l'utilisation dans le béton, et avec deux fois la même quantité, pour mettre en évidence la sensibilité au surdosage.

3.10. La résistance à la compression doit être déterminée sur des échantillons à 3, 7, 28 et 90 jours. Six échantillons doivent être essayés à chaque date. La résistance à la flexion doit être déterminée sur prismes à 3, 7, 28 et 90 jours. Six prismes doivent être essayés à chaque âge. Les échantillons doivent être conservés dans de l'eau à 20 °C, jusqu'au moment des essais.

3.11. Le retrait au séchage doit être déterminé sur des prismes à 7, 28, 60, 90 et 180 jours, les échantillons et la méthode d'essai étant ceux adoptés dans chaque pays.

3.12. Les performances relatives de l'adjuvant retenu devront être contrôlées au moyen d'essais sur béton en utilisant les matériaux qui seront utilisés sur le chantier comme il est décrit dans le chapitre 4.

4. — ESSAIS SUR BETON.

4.1. Remarques générales.

4.1.1. Tous les essais sur béton doivent être effectués avec le même ciment et les mêmes granulats que ceux que l'on se propose d'utiliser sur chaque ouvrage. Si les granulats du chantier ne sont pas disponibles au moment des essais de l'adjuvant, les granulats utilisés devront être semblables à ceux du chantier en ce qui concerne les propriétés pétrographiques et physiques et la granulométrie.

Si le laboratoire ne peut pas préparer et essayer des échantillons en utilisant la dimension maximum de granulats adoptée sur le chantier, les éprouvettes peuvent être fabriquées en tamisant le béton fraîchement mélangé sur un tamis de 40 mm ou par reconstitution d'un béton avec la taille maximum de granulats utilisable.

4.1.2. Les dimensions minima des éprouvettes pour essais doivent être au moins trois fois les dimensions maxima des granulats les plus gros qui doivent être contenus dans ces éprouvettes.

4.1.3. Les effets des adjuvants doivent être déterminés par comparaison des différentes propriétés du béton avec l'adjuvant, avec

celles d'un béton similaire sans adjuvant. Les comparaisons avec les effets d'un adjuvant de qualité bien connue peuvent être aussi très utiles. Le béton sans adjuvant est considéré comme béton de référence.

Les proportions du mélange du béton de référence doivent être normalisées pour les essais de ce chapitre et être voisines de celles qui conviendraient pour l'utilisation sur le chantier si aucun adjuvant n'était disponible. En général les quantités de ciment et d'eau devront être les quantités minima pour obtenir la résistance et la maniabilité désirables sur le chantier.

4.1.4. Un même procédé doit être adopté pour effectuer le mélange de béton et pour ajouter l'adjuvant.

4.2. *Essais sur béton frais.*

4.2.1. Les essais suivants doivent être effectués sur le mélange de béton frais :

- essais sur la qualité de réducteur d'eau;
- essais sur la qualité d'entraîneur d'air;
- essais sur la stabilité de l'air entraîné;
- essais sur le ressuage;
- essais sur la vitesse de durcissement.

4.2.2. Les propriétés énumérées en 4.2.1 doivent être déterminées sur trois gachées séparées et des résultats uniformes doivent être obtenus pour chaque gachée utilisant la même quantité d'adjuvant.

4.2.3. L'action de réducteur d'eau d'un adjuvant sur le béton peut être exprimée en pourcentage de diminution d'eau, à la plasticité de référence du béton, pour chaque unité de produit ajouté.

La plasticité peut être mesurée au moyen de l'appareillage et du procédé adopté dans chaque pays.

4.2.4. La qualité d'entraîneur d'air d'un adjuvant au béton est définie en pourcentage d'augmentation de la quantité d'air entraîné par comparaison avec le béton de référence rapporté à l'unité de la quantité de produit ajouté.

L'action d'entraînement d'air doit être mesurée au moyen de l'appareillage et du procédé adopté dans chaque pays.

Les essais doivent être effectués en utilisant les quantités normales d'adjuvant indiquées par le fabricant.

4.2.5. La mesure de la stabilité de la quantité d'air entraînée doit être effectuée sur des échantillons compactés par vibration avec la quantité de produit indiquée par le fabricant.

Le rapport entre l'air contenu dans ces échantillons vibrés et l'air contenu dans des échantillons tassés avec un bâtonnet est l'index de stabilité de l'air contenu. Dans le but de faire une comparaison valable, il est important non seulement de normaliser la méthode d'exécution du mélange mais aussi le type et la durée de la vibration.

4.2.6. Le ressuage doit être déterminé sur trois gachées. Pour cet essai une méthode appropriée peut être utilisée conformément à l'usage du pays considéré.

4.2.7. Le durcissement doit être exprimé sous forme de modification de l'affaissement du béton frais à examiner, mesuré immédiatement et 30 minutes après le mélange.

4.3. *Essais sur béton durci.*

4.3.1. Les essais sur le béton durci doivent être effectués sur la base des caractéristiques convenables pour le chantier. Le type et la quantité d'adjuvant nécessaire pour obtenir les qualités requises sur le chantier doivent être choisies seulement après les essais suivants :

- essais de résistance à la compression;
- essais de résistance à la traction;
- essais de résistance à la flexion;
- essais de résistance au gel;
- essais d'étanchéité;
- essais de retrait lorsque cette qualité est à considérer.

Tout autre essai doit être effectué suivant les besoins du béton sur le site donné. Les essais doivent être effectués en utilisant les méthodes appropriées, utilisées dans le pays considéré.

4.3.2. Les essais indiqués en 4.3.1 doivent être effectués à la fois sur le béton avec adjuvant et sur le béton de référence.

Dans le béton de référence tel qu'il est défini précédemment à l'article 4.1.3, les quantités de ciment et d'eau seront généralement les quantités minima nécessaires pour obtenir la résistance et la maniabilité requises sur le chantier. Dans le béton avec adjuvant, ou bien les quantités de ciment et d'eau seront ajustées pour donner le même E/C et la même maniabilité que celle du béton de référence, ou alors, le béton avec adjuvant et le béton de référence devront contenir des quantités égales de ciment et les deux bétons devront avoir la maniabilité requise pour le chantier en question. Les échantillons nécessaires pour le programme des essais doivent provenir d'au moins trois gachées différentes.

La maniabilité et la teneur en air doivent être déterminées sur chaque gachée. Le mélange doit être effectué par des moyens méca-

niques de préférence à l'utilisation d'un tambour à secousse. La forme et les dimensions des échantillons doivent être conformes aux normes adoptées dans chaque pays.

Les échantillons pour les essais mécaniques et pour les essais de gel et dégel devront être conservés humides pendant au moins 7 jours avant le début du séchage à 20 °C et avec une humidité relative au moins égale à 60 % \pm 5 %.

4.3.3. Les échantillons pour les essais de résistance à la compression, à la traction et à la flexion doivent être essayés à 7, 28, 90 jours et à 6 mois. Le nombre d'échantillons essayés pour chaque béton et chaque âge doit être d'au moins 3.

La résistance à la traction doit être déterminée par l'essai brésilien.

4.3.4. La résistance au gel doit être déterminée par des essais de gel et dégel. Un nombre minimum de 6 échantillons doit être essayé pour le béton avec adjuvant et pour le béton de référence. La méthode d'essai pour la résistance au gel doit être conforme à la pratique adoptée dans chaque pays.

4.3.5. Indépendamment des essais de résistance au gel, et en complément de la détermination du module d'élasticité dynamique, des essais de résistance, de perméabilité, de perte de poids et de gonflement sont recommandés.

4.3.6. Le retrait doit être déterminé sur prismes et calculé en pourcentage de modification des dimensions linéaires mesurées au début de séchage. Les échantillons doivent être essayés à la résistance à la flexion après les 120 jours d'essais de retrait.

5. — *ESSAIS VISANT A CONTROLER LA CONFORMITE DES CARACTERISTIQUES D'UN ADJUVANT AVEC CELLES DES ECHANTILLONS INITIAUX.*

5.1. *Objectif et remarques générales.*

5.1.1. Ces essais visent à contrôler que les adjuvants utilisés pendant la durée d'un chantier ont des caractéristiques uniformes.

5.1.2. Les essais comportent exclusivement la comparaison avec les caractéristiques déterminées sur l'échantillon primitif.

5.1.3. Tout ou partie des essais indiqués ci-dessous peuvent être effectués suivant les dispositions particulières agréées entre l'acheteur et le fournisseur et la nature du produit. Il faut remarquer que

plus grand sera le nombre des essais décidés, plus grande sera la probabilité d'établir la conformité ou la différence des échantillons examinés avec l'échantillon primitif.

5.2. *Caractéristiques physiques et chimiques.*

5.2.1. Les déterminations et les essais des caractéristiques physiques et chimiques par les méthodes indiquées dans le chapitre 2 doivent être effectués sur des échantillons de l'adjuvant provenant des différentes livraisons.

5.3. *Essais sur pâte de ciment.*

5.3.1. Ces essais concernent la vitesse de prise et doivent être effectués conformément aux spécifications des articles 3.4 et 3.5.

Le ciment pour ces essais doit être le même que celui utilisé pour les essais préliminaires et doit être stocké avec beaucoup de soin pour éviter sa dégradation.

5.4. *Essais sur mortier.*

5.4.1. Les essais sur mortier pour la résistance à la compression et à la flexion, avec les mêmes méthodes que celles décrites dans le chapitre 3, doivent être effectués en utilisant des échantillons de produit provenant des différentes livraisons.

Le ciment utilisé pour ces essais doit être le même que celui utilisé pour les essais préliminaires et doit être stocké avec beaucoup de soin pour éviter sa dégradation.

Le sable doit provenir de la même source et avoir les mêmes caractéristiques physiques et pétrographiques que celles du sable utilisé pour les essais sur mortier pour les contrôles préliminaires.

**GUIDE AND RECOMMENDATIONS FOR TESTS
ON SURFACE-ACTIVE ADMIXTURES
FOR CONCRETE FOR LARGE DAMS**

PREFACE

On the advice of the Committee on Concrete a decision was taken by the 29th Executive Meeting of ICOLD in Moscow in June, 1962, to prepare Draft Recommendations on admixtures for use in concrete for large dams and to discuss the draft at the Committee on Concrete at its meeting in Cairo in 1963. It was decided simultaneously to set up a working group to prepare an agreed text for submission to the Committee on Concrete.

The working group comprised the following :

Mr. ARREDI, Chairman	(ITALY)
Mr. FRITSCH	(AUSTRIA)
Mr. DE LA JARRIGE	(FRANCE)
Mr. WALZ	(G.F.R.)
Mr. KOKUBU	(JAPAN)
Mr. WAUGH	(U.S.A.)
Mr. STOLNIKOV	(U.S.S.R.)

The first draft and proposals put forward by the working group were discussed at the meeting of the Committee on Concrete in Cairo on the 4th February, 1963.

At the Committee Meeting in Edinburgh on the 1st May, 1964 the second draft of Recommendations was submitted and the members of the Committee were asked to analyse the draft and to send their observations and criticisms to the Chairman of the working group, well before the next Committee Meeting.

In 1965 in Lausanne the draft could not be discussed.

The Draft consistently modified on the basis of remarks and suggestions made by the members of the Committee was submitted

as prepared and agreed by the working group to the Committee Meeting on 5th June, 1966 in Rio de Janeiro.

At the Committee Meeting in Rio de Janeiro each clause of the draft was considered, discussed and the Draft was approved by the Committee on Concrete with the modifications of the text adopted during discussion at the Committee Meeting.

The Committee on Concrete resolved that the final text of the Recommendations should be prepared and submitted to the International Commission on Large Dams for consideration and approval.

At the 34th Executive Meeting of the International Commission on large dams on 6th June, 1966 in Rio de Janeiro a decision was taken that the final draft of the Recommendations be submitted to the Central Office of the ICOLD.

The « Guide » was distributed by the Central Office to all National Committees and was considered and approved at the 35th Executive Meeting of the ICOLD in Istanbul on 1st September, 1967 as tentative one under the title « Guide and Recommendations for tests on surface-active admixtures for concrete for large dams ».

The Recommendations are based on the data contained in the existing specifications of various countries and make general recommendations which may be taken into consideration by each country when preparing its own national specifications concerning the use of admixtures in concrete for large dams.

The Recommendations indicate what is to be taken into account in the selection and testing of admixtures for use in concrete for dams in the light of established and accepted practice in all countries.

On behalf of the International Technical Committee
on Concrete for Large Dams.

V. V. STOLNIKOV,
Chairman.

INTRODUCTION

1. These Recommendations refer to surface-active admixtures added to the normal ingredients of concrete (aggregates, cement and water) immediately before or during its mixing and which, because of their plasticizing and/or air-entraining action, aim at reducing the quantity of mixing water or at improving the qualities of concrete, including its resistance to frost.

The Recommendations particularly refer to the use of admixtures in the construction of concrete dams and other large hydraulic works.

2. Use of an admixture in fact necessitates not only knowledge of the positive effect of the admixture but also of the effects on all the characteristics of the concrete, particularly eventual secondary effects which might damage the concrete.

3. Those admixtures which provide for a reduction of water permit, for a given cement content and without loss of workability, a reduction of w/c ratio; a lower w/c ratio leads to greater durability and strength, at equal air content.

But cement reduction with given w/c ratio is the primary reason for use of such admixtures in mass concrete; reduction of cement content leads to lower cost and lower heat of hydration and therefore smaller temperature rise, lower stresses during cooling and less thermal cracking.

The amount of water reduction obtained for a given consistency varies, for each type of aggregates, with type and dosage of admixture and also with different cement. In addition to their primary action, the basic components of some water reducing admixtures have a set-retarding effect on concrete.

The retarding effect can play an important role during the hot summer months (when higher ambient temperatures increase the rate of initial hardening) to avoid badly bonded joints in succeeding layers of concrete.

On the other hand, setting at slower rates can cause a slowing down of form removal during cold months when low temperatures have a set-retarding effects.

4. The admixtures which have an air-entraining action provide entrainment of air in certain limited percentages in the form of very fine air bubbles distributed throughout the mix. Air-entrainment gives to concrete a better frost-resistance, improves some other properties (e.g. reduces the bleeding, segregation etc.) and provides a

better workability. The small bubbles of entrained air act in the mix like very small spheroids having no friction and therefore plasticizing the mix.

The air content necessary to obtain the desired workability, strength and durability of concrete differs according to various elements that may be different for each job.

5. When an admixture is used that acts together as water-reducing and air-entraining agent, the necessary quantity of entrained air may not be obtained with the standard quantity of admixture. In such cases the addition of an air-entraining admixture may supply the necessary quantities of air; the use of the additional air-entraining admixture should be in accordance with the advice of a manufacturer.

6. These Recommendations cover only general indications about necessary and useful tests connected with :

I) The general investigations about characteristics and actions of the admixtures.

II) The selection of the type and quantity of admixture, appropriate to the aggregates and cement to be used in the job, which will give the required quality and economy of concrete.

III) Insuring that the admixture supplied to the working site has, during the work, the same composition, quality and action as defined by the agreement with the manufacturers.

For scope (I) the tests may be carried out on concrete, grading, cement content, nature and fineness of cement being equal to the real case under examination, and also on a standard mortar. It is rather important to perform tests on cement paste for the secondary actions of some admixtures, as for instance start and time of setting, stability of volume and so on.

For scope (II) the crucial tests are those on concrete made with the materials (aggregates and cement) to be used on site rather than those on paste and mortar. It would also be useful to mix the concrete for the samples with the same type of mixer and the same mixing time that will be adopted for the job.

Control tests concerning scope (III) need to be repeated frequently during each job and accomplished in the shortest possible time in order to avoid use of an admixture not satisfying the characteristics of the agreement with the manufacturer.

Local Authorities in each country should provide for general quality controls and tests for acceptance of admixtures, taking into account the particular requirements of large hydraulic works. Special tests that are not normally considered among official ones are always necessary.

7. As for the selection of admixtures these Recommendations are only intended as a guide and therefore provide only basic indi-

cations on test methods and apparatus. The Recommendations allow for the differing methods of concrete, mortar, paste and admixture testing employed in various countries. The reliability of the method used and its conformity with the actual conditions should therefore be assessed by the country making use of the particular method.

There is sometimes a tendency to replace the expensive and time consuming freezing and thawing test of the effect of admixtures on the frost-resistance of concrete by the determination of such properties as absorption, air-void spacing and so on. But at the present time (1966) it does not seem that researches on this subject are sufficiently advanced to give equally reliable results as those obtained from the classical freezing and thawing test.

The complex effects of admixtures on concrete can only be properly appraised if the properties of a concrete with the admixture are compared with those of a similar concrete without an admixture. Comparison with the effects of an admixture of well known quality will also be very useful.

1. SCOPE, DEFINITIONS AND GENERAL REMARKS.

1.1. The surface-active admixtures used in concrete for large dams can be divided into three main groups, i.e. :

- plasticizing admixture (p.a.) ;
- air-entraining admixture (a.e.a.) ;
- air-entraining plasticizing admixtures (a.e.p.a.)

according to their principal action in concrete.

1.2. A plasticizing admixture (p.a.) is a material which, without entrainment of air, provides a plasticizing action and therefore permits a reduction of the quantity of water in a concrete mix for a given degree of workability with subsequent beneficial effects.

An air-entraining admixture (a.e.a.) is a material which produces in the concrete mix minute bubbles of air to increase the frost-resistance and to improve some other properties of concrete; with this class of admixture any plasticizing action is attributable to the entrainment of air.

An air-entraining plasticizing admixture (a.e.p.a.) is a material which has the action of both plasticizing and air-entraining admixtures.

All above mentioned admixtures could be considered as water-reducing admixtures, when using their plasticizing action.

1.3. The optimum quantity of each admixture to be used to attain the required concrete properties may not be the same for all types of concrete (i.e. when qualities of cement and aggregate, gra-

ding, w/c, or other conditions vary). It is therefore necessary to determine the appropriate quantity of admixture for each concrete mix, using the same ingredients as are to be used on the particular project.

1.4. The admixture manufacturer supplying samples for testing must specify, if requested :

- the type of admixture relative to those indicated in paragraph 1.2.; main action and other simultaneous actions, secondary or of some importance;
- the chemical groups to which the basic active components of the admixture belong; main constituent and secondary constituents intended to modify the principal action or to produce other simultaneous effects;
- the content of inert ingredients;
- the water soluble chloride content; sugar compounds and silicates;
- solid content and the nature of the solvent if the admixture is supplied in the solution form;
- the proportion or the range of proportions in which the admixture is normally used; the influence of overdosage;
- the procedures to be followed in adding the admixture to the batch;
- the conditions of storage and permissible maximum storage time before use.

It is desirable that the manufacturer should indicate, together with the basic nature of the admixtures, the tests to be performed for the quality and quantity control of the ingredients of the admixtures. The amount of the admixture will be related, in the following paragraphs, to the weight of cement used in the concrete and indicated for a solid products as grams per kilogram of cement, and for a liquid product as millilitres per kilogram of cement.

1.5. The tests proposed in these Recommendations are based on stipulations allowing for normal testing in a laboratory and therefore they could not fully simulate the actual conditions of the structure, particularly relative to the freezing and thawing test. Other and different tests may be used in each particular case taking into account all local conditions and the practice established in each country.

2. DETERMINATION OF THE PHYSICAL AND CHEMICAL CHARACTERISTICS OF AN ADMIXTURE.

2.1. The tests indicated in this section are to be carried out directly on the admixture and are primarily concerned with some

fundamental characteristics depending on its composition and with control as indicated in section 5 i.e. to check that subsequent deliveries conform to the original admixture sample.

The following determinations do not constitute a basis for the choice of the admixture to be used in a specific job.

2.2. Such of the following characteristics as are necessary to identify the product are to be determined :

— on a 1 % solution of the admixture under examination in distilled water and on a 1 % solution of admixture in $\text{Ca}(\text{OH})_2$ saturated water :

- hydrogen-ion concentration (pH) ;
- surface tension ;

and if the admixture is furnished in solution form :

- nature of solvent ;
- specific gravity ;
- dry substance (residue on evaporation) ;
- hydrogen-ion concentration (pH) ;

and on the solid as supplied (or on the solid residue on evaporation of an admixture supplied as a solution) :

- solubility in distilled water ;
- solubility in local tap water ;
- solubility in alcohol, benzene and chloroform ;
- chloride content calculated as calcium chloride.
- stability of the foam if formed ;
- loss on ignition (at 600 °C).

2.3. In the above described determinations it is advisable to use :

- for pH, an electric pH meter ;
- for the solid content, drying of the residue from the evaporation at 105 °C or at 60 °C in a water bath at 20 mm Hg pressure up to constant weight, if the admixture contains organic components or other substances that are destructible before reaching 105 °C ;
- for solubility tests, a solution containing 1 % by weight of admixture to solvent. In the water solution it should be noted whether there is flocculation or if the solution is stable. In saturated $\text{Ca}(\text{OH})_2$ solution it should be noted if there is any precipitate ;
- for the foam stability test, 20 ml of a 1 % solution in distilled water. The solution placed in a 50 ml test tube should be well shaken in an established way at 20 °C. The height of the foam should be observed at the end of shaking and after 1, 2, 5 and 15 minutes of rest at the same temperature (20 °C). The observed successive heights will be expressed as ratios to initial height.

3. TESTS ON PASTE AND MORTAR.

3.1. The effect of the admixture on paste and mortar may not be the same as on concrete and in selecting an admixture for use in concrete the crucial tests are those on concrete as described in Section 4.

These tests on paste and mortar may give general indications about some effects of the admixtures under examination. They may be omitted when general characteristics of the admixture are already well known. They are intended, moreover, to give elements to check whether subsequent deliveries conform to the original admixture sample.

3.2. All the tests indicated on this section are to be carried out :
— with the same cement and sand that will be actually used for each specific work;

— or with cement of similar mineralogical composition and fineness and with sand of standard grading, of similar petrographic type and particle shape, that will actually be used for the work. A change in cement or aggregate may effect the numerical results.

3.3. Tests indicated in this section should be carried out both with and without admixture. Tests on an admixture may be carried out in parallel with identical tests on a similar admixture which is well known and of a good quality.

3.4. Paste for tests shall be prepared with the same ratio of admixture to cement as has to be used in the concrete.

3.5. Tests on paste are :

- behaviour of setting rate (start and end) ;
- expansion of volume;
- strength in tension.

These tests should be repeated three times on paste with admixture and three times on paste without admixture. A uniform procedure shall be adopted both in the method and timing of the addition of the admixture and in the method and duration of mixing.

The behaviour of setting rate should be determined on paste by a penetration test. In particular the phenomenon of false setting must be recorded. The tests on expansion of volume and strength in tension should follow accepted practice in each country.

3.6. Supplementary comparative tests on heat of hydration of cement with and without admixture will be carried out.

3.7. Tests on mortar are :

- plasticizing quality;

- air-entraining quality;
- compressive and flexural strengths;
- drying shrinkage where this is considered to be relevant.

A uniform procedure shall be adopted both in the method and timing of the addition of the admixture and in the method and duration of mixing. A reference mortar may be used, i.e. a mortar of the same grading and composition as adopted as standard in each country (without admixtures).

3.8. The plasticizing quality of an admixture on mortar may be expressed by the percentage of water-reduction for standard plasticity, for each unity of admixture that is added.

The plasticity may be measured by the apparatus and procedure adopted in each country.

The air-entraining quality of an admixture on mortar is expressed by the percentage of entrained air, in comparison with reference mortar, related to each unity of admixture that is added.

The quantity of entrained air may be measured by the apparatus and procedure adopted in each country. Not only volume of pores but also their distribution should be determined.

3.9. Tests on compressive and flexural strength and drying shrinkage should be performed on standard mortar both with and without admixture. The mortar with admixture should be prepared with the same quantity of admixture (referred to the amount of cement) as determined for use in concrete and with twice the said quantity, to make clear the sensitivity to overdosage.

3.10. Compressive strength should be determined on specimens at 3, 7, 28 and 90 days. Six specimens shall be tested for each age. Flexural strength shall be determined on prisms at 3, 7, 28 and 90 days. Six prisms should be tested for each age. The specimens should be cured in water at 20 °C until the time of testing.

3.11. Drying shrinkage should be determined on prisms at 7, 28, 60, 90 and 180 days on specimens and according to procedure adopted in each country.

3.12. The relative performance of the preferred admixture would need to be checked by means of tests on concrete using the materials to be used on site, as described in section 4.

4. TESTS ON CONCRETE

4.1. *General Remarks.*

4.1.1. All tests on concrete should be carried out with the same cement and aggregates that are going to be used for each specific job. If job-aggregates are not available at the time of admixture tests the aggregates used shall be similar to the job-aggregates with respect to petrographic and physical properties and grading.

If the laboratory cannot prepare and test specimens using the maximum size of aggregates adopted for the job, the specimens may be obtained by screening the freshly mixed concrete over 40 mm sieve or reconstitution with the maximum convenient aggregate size.

4.1.2. The minimum dimension of a test specimen must be at least three times the maximum size of coarse aggregate to be contained therein.

4.1.3. The effects of the admixtures will be determined by comparing the various properties of a concrete with admixture with those of a similar concrete without admixture. The comparison with the effects of an admixture of well known quality will also be very useful. The concrete without admixture will be referred to as the reference concrete.

The mix proportions for the reference concrete should be standardized for the purpose of the tests of this section and they should approximate to those suitable for use on site if no admixture were available. In general the quantities of cement and water should be the minimum to obtain the strength and workability required for the job.

4.1.4. A uniform procedure should be adopted for mixing the concrete and for adding the admixture.

4.2. *Tests on fresh concrete.*

4.2.1. The following tests should be made on freshly mixed concrete :

- test on water-reducing quality;
- test on air-entraining quality;
- test on stability of entrained air;
- test for bleeding;
- test on rate of stiffening.

4.2.2. The properties listed in 4.2.1 should be determined on three separate batches and uniform results must be obtained for each batch using the same amount of admixture.

4.2.3. The water reducing action of an admixture in concrete may be defined as percentage of water reduction at the plasticity of reference concrete, for each unity of admixture that is added.

The consistency may be measured by means of apparatus and using the procedure adopted in each country.

4.2.4. The air-entraining quality of an admixture in concrete is defined as the percentage of increase of entrained air in comparison with reference concrete related to each unity of admixture that is added.

Air entraining action should be measured by means of apparatus and using the procedure adopted in each country.

Tests should be performed using the standard quantities of admixture set by the manufacturer.

4.2.5. Stability of entrained air content should be measured on samples compacted by vibration with an amount of admixture indicated by the manufacturer.

The ratio between air content in these vibrated samples and air content in rod tamped samples is the index of stability of air content. For comparison purposes it is important to standardise not only the mix but also the type and duration of vibration.

4.2.6. Bleeding shall be determined on three batches. For this test an appropriate method can be used as adopted in the given country.

4.2.7. Stiffening should be expressed in terms of the loss of the slump of the concrete mix under examination, measured immediately and 30 minutes after mixing.

4.3. *Tests on Hardened Concrete.*

4.3.1. Tests on hardened concrete should be performed on the basis of concrete requirements at the job. The type and amount of admixture to meet the job-requirements should be selected only after testing as follows :

- test for compressive strength;
- test for tensile strength;
- test for flexural strength;
- test for frost-resistance;
- test for water-tightness;
- test for shrinkage, where this is considered relevant.

Any other tests should be carried out according to the requirements for concrete at the given construction site. Tests should be conducted using the appropriate methods adopted in the given country.

4.3.2. The tests indicated in 4.3.1. should be carried out both on concrete with admixture and on reference concrete.

In the reference concrete, as previously defined in art. 4.1.3, the quantities of cement and water will generally be the minimum to obtain the strength and workability required for the job. In the concrete with admixture the quantities of cement and water will be adjusted to give either the same w/c and workability as in reference concrete or the concrete with admixture and the reference concrete are to contain equal quantities of cement and both concretes should have the workability required for the specific work. The specimens required for the testing programme shall be made from at least three separate batches. The workability and air content shall be determined on each batch. Mixing shall be made by mechanical means, preferably in a tilting drum type mixer. The shape and dimensions of test specimens will conform to the recognized standards of each country.

The specimens for mechanical tests and for freezing and thawing tests will be moist cured at 20 °C and not less than 95 % relative humidity until the time of test.

The specimens for shrinkage tests will be similarly moist cured for at least 7 days before start of drying at 20 °C and at least 60 % \pm 5 % relative humidity.

4.3.3. Compressive, tensile and flexural strength specimens will be tested at 7, 28, 90 days and at 6 months. The number of specimens to be tested for each concrete and age will be at least three.

Tensile strength will be determined by the tensile splitting test.

4.3.4. Frost-resistance should be determined by freezing and thawing test. A minimum of six specimens should be tested for both concrete with admixture and reference concrete. The method of frost-resistance tests should follow the accepted practice in each country.

4.3.5. As part of the frost-resistance test, in addition to the determination of dynamic modulus of elasticity, tests on strength, permeability, weight-loss and volume change are recommended.

4.3.6. Shrinkage should be determined on prisms and be calculated as percentage change in linear dimension based upon the initial measurement at the start of drying. The specimens should be tested for flexural strength after the 120 days shrinkage test.

5. TESTS AIMED AT CHECKING THE CONFORMITY OF THE CHARACTERISTICS OF THE ADMIXTURE TO THOSE OF THE ORIGINAL SAMPLE.

5.1. *Scope and general remarks.*

5.1.1. These tests aim at checking that admixtures employed during the job have uniform characteristics.

5.1.2. The tests consist exclusively of a comparison with the characteristics determined on the original sample.

5.1.3. All or parts of the tests outlined below may be made, depending upon the specific arrangements agreed on between the purchaser and the manufacturer and the nature of the admixture. It should be noted that the greater the number of tests decided upon the greater the probability of establishing conformity of subsequent samples with the original or departure therefrom.

5.2. *Physical and chemical characteristics.*

5.2.1. Determinations and tests of physical and chemical characteristics by the methods outlined in Section 2 will be performed on samples of the admixture from subsequent deliveries.

5.3. *Tests on cement paste.*

5.3.1. These tests concern setting rate and should be performed according to arts. 3.4 and 3.5.

Cement for these tests should be the same as used in preliminary tests and be stored with extreme care to prevent weathering.

5.4. *Tests on mortar.*

5.4.1. Tests on mortar for compressive and flexural strength, with the same methods as described in Section 3, will be performed using samples of the admixture obtained from subsequent deliveries.

Cement to be used for these tests should be the same as used in preliminary tests and be stored with extreme care to prevent weathering.

Sand should be from the same source and have identical physical and petrographic characteristics as the sand used in tests on mortar in preliminary checks.

IMPRIMERIE LOUIS-JEAN
Publications scientifiques et littéraires
05002 GAP — Tél. : 92.51.35.23
Dépôt légal : 166 — Avril 1986

ISSN 0534-8293
Réimpression Avril 1986

Copyright © ICOLD - CIGB

Archives informatisées en ligne  *Computerized Archives on line*

***The General Secretary / Le Secrétaire Général :
André Bergeret - 2004***



**International Commission on Large Dams
Commission Internationale des Grands Barrages
151 Bd Haussmann -PARIS -75008
<http://www.icold-cigb.net> ; <http://www.icold-cigb.org>**